

Reference ⑥

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-206126

(43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.Cl.

G01N 37/00

G01B 7/34

G01B 21/30

G11B 7/12

(21)Application number : 11-008978

(71)Applicant : HITACHI LTD
HITACHI CONSTR MACH CO LTD

(22)Date of filing : 18.01.1999

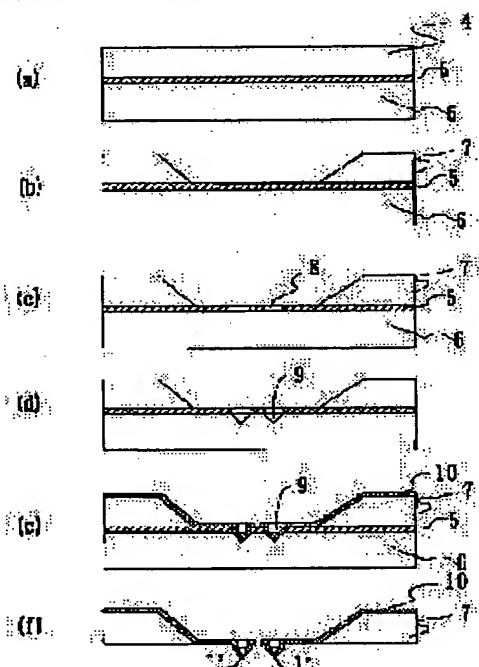
(72)Inventor : HOSAKA SUMIO
KIKUKAWA ATSUSHI
ETO KIMITOSHI
KOYANAGI HAJIME
ONozATO AKIMASA
MURAYAMA TAKESHI

(54) MINUTE CANTILEVER AND APPARATUS UTILIZING MINUTE FORCE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make highly accurately and easily formable a minute cantilever having a low spring constant and a high resonance frequency by controlling the thickness by a semiconductor lithography technique, and forming the cantilever and a cantilever support stage of different materials on the same face.

SOLUTION: A silicon active layer 4 of an SOI(silicon on insulator) wafer is anisotropically etched, thereby forming an active layer part 7 to be a cantilever support stage. A silicon oxide film 5 is etched thereby forming square through windows 8. Square prisms 9 are formed to a silicon substrate 6 with using the oxide film 5 as a mask. A cantilever material such as silicon nitride or the like is vapor deposited to form a cantilever film 10, on which a photoresist pattern for the cantilever is formed by a photolithography technique. The cantilever is formed by reactive ion etching with using the photoresist pattern as a mask. The silicon substrate part 6 and silicon oxide film 5 are removed at the end. The minute cantilever with a probe 1' is thus formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 23.08.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
 特開2000-206126
 (P2000-206126A)

(43) 公開日 平成12年7月28日 (2000.7.28)

(51) Int.Cl.	識別記号	FI	テーマコード(参考)
G 0 1 N	37/00	G 0 1 N 37/00	G 2 F 0 6 3
G 0 1 B	7/34	G 0 1 B 7/34	Z 2 F 0 6 9
	21/30	21/30	Z 5 D 1 1 9
G 1 1 B	7/12	G 1 1 B 7/12	

審査請求 未請求 請求項の数 9 OL (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願平11-8978	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成11年1月18日 (1999.1.18)	(71) 出願人	000005522 日立建機株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番2号
		(72) 発明者	保坂 純男 埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会 社日立製作所基礎研究所内
		(74) 代理人	100061893 弁理士 高橋 明夫 (外1名)

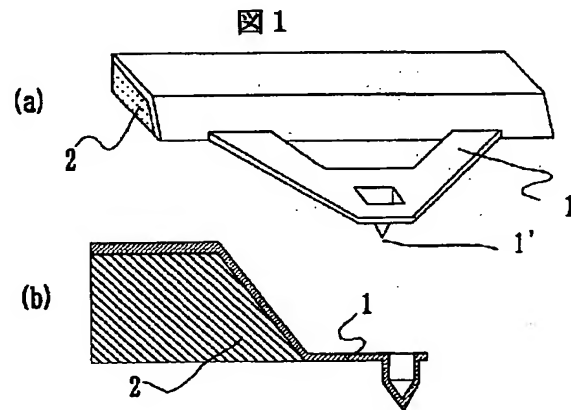
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小カンチレバ及び微小力利用装置

(57) 【要約】

【課題】 カンチレバと支持台との合わせ誤差が $1\mu\text{m}$ 以下の高精度合わせ機能をもち、高共振周波数及び低バネ定数をもつ微小カンチレバを提供すること。

【解決手段】 SOIウェハを用い、半導体リソグラフィ技術を全工程で使用して、支持台を被い込むようにカンチレバ膜を形成し、探針1'側からみてカンチレバ1と支持台面が同一面で、カンチレバ1と支持台2とが異なった材質あるいは材料で構成される構造とした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】微小力を検出する微小カンチレバであって、カンチレバ先端部に探針が形成されるとともに、探針が形成されているカンチレバ面と実質上同一平面に該カンチレバを支持する支持台が形成され、且つ、これらが異なる材質あるいは材料で構成されたことを特徴とする微小カンチレバ。

【請求項2】上記支持台が半導体基板で形成されている請求項1記載の微小カンチレバ。

【請求項3】上記カンチレバがシリコン窒化膜あるいはシリコン酸化膜で形成された請求項1記載の微小カンチレバ。

【請求項4】上記カンチレバが導電膜で覆われた構造である請求項1記載の微小カンチレバ。

【請求項5】上記探針が支持台の厚さ方向と反対方向に形成されている請求項1～4のいずれかに記載の微小カンチレバ。

【請求項6】上記探針がシリコン基板の異方性エッチングによって形成された4角錐を鋳型として形成される請求項5記載の微小カンチレバ。

【請求項7】上記カンチレバ及び探針が多層膜で形成されている請求項1～6のいずれかに記載の微小カンチレバ。

【請求項8】上記探針を形成する4角錐の鋳型が低温酸化及びエッチングにより先端を尖鋭化された請求項6または7記載の微小カンチレバ。

【請求項9】微小カンチレバを備えた顕微鏡、超高密度記録、微細加工等の計測、加工等の微小力利用装置であって、該微小カンチレバがカンチレバ先端部に探針が形成されるとともに、探針が形成されているカンチレバ面と実質上同一平面に該カンチレバを支持する支持台が形成され、且つ、これらが異なる材質あるいは材料で構成されたことを特徴とする微小力利用装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は原子間力のような微小力の検出に使用するカンチレバ、特に、カンチレバの長さが短い寸法を有する微小カンチレバおよびその応用装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、情報化社会の進展は目覚ましく、より多くの情報を記憶できる技術の開発が要求されている。現在、ディスク型ファイルメモリの研究分野では磁気記録及び光記録の高密度化が進められている。2005年には、数十Gb/in²の記録密度になると予測され、上記記録方法は限界に近づくものと考えられている。

【0003】この限界を打破する方法の1つにAFM（原子間力顕微鏡）記録法がある。この記録方法で非常に重要な要素として原子間力を検出するカンチレバがあ

る。現状では、バネ定数が小さい（ $< 2 \text{ N/m}$ ）カンチレバの共振周波数は最高で約80KHzであり、この周波数では高速読み出しには不十分である。少なくとも、読み出し速度10Mb/sを達成するためには、バネ定数が小さく、共振周波数が5MHz以上が必要である。

【0004】これまでに、よりバネ定数が小さいカンチレバを提案するものとして、SOI（シリコン・オン・インシュレータ）ウェハを用い、活性層をカンチレバとしたシリコンカンチレバがジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・アンド・テクノロジー(J. of Vacuum Science and Technology)第B15巻(1997)第788頁～第792頁に、さらに、シリコン異方性エッチングによってシリコン基板上に形成された4角錐を鋳型として窒化シリコン膜の形成により形成した窒化シリコンカンチレバがジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・アンド・テクノロジー(J. of Vacuum Science and Technology)第A8巻(1990)第3386頁～第3396頁に開示されている。

【0005】図2はこれらの提案によるカンチレバの構造を示す斜視図である。1はカンチレバであり、その先端部には探針1'が形成されている。3はガラス部材からできたカンチレバ支持台である。カンチレバ1と探針1'とは、たとえば、シリコン鋳型を用いた窒化シリコン膜を作成する半導体リソグラフィ技術によって一体的に形成することが可能であるが、カンチレバ1の基部をカンチレバ支持台3と結合する必要がある、たとえば、陽極接合技術によって両者の一体化を行っている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術においては、形成されたカンチレバのサイズが設計値からどれだけずれているか、その誤差が非常に問題となる。高速化するためには、カンチレバの長さを、より短く、さらに、厚さは非常に薄くする必要がある。具体的には、上記目標（共振周波数 $> 5 \text{ MHz}$ 、バネ定数 $< 2 \text{ N/m}$ ）を実現するためには、カンチレバの長さ $< 5 \mu\text{m}$ 、厚さ $< 0.1 \mu\text{m}$ とする必要がある。

【0007】SOI（シリコン・オン・インシュレータ）ウェハを用いたシリコンカンチレバでは、シリコンの活性層をエッチングするため、カンチレバの厚さ制御が非常に難しい。また、上述したシリコン鋳型を用いた窒化シリコン膜のカンチレバ製作工程では、カンチレバ1とガラス支持台3との接合に陽極接合法を用いるため、両者の間に大きな合わせ誤差（約 $25 \mu\text{m}$ ）が発生する。図2を参照して明らかなように、たとえば、 $10 \mu\text{m}$ の長さのカンチレバを作ったつもりでも、 $25 \mu\text{m}$ の合わせ誤差があれば、実質的に $35 \mu\text{m}$ のカンチレバとなってしまふ。これは、カンチレバの共振周波数を低下させることになり、合わせ誤差は $1 \mu\text{m}$ 以下とする必要がある、従来技術では非常に困難な課題である。また、原子間力顕微鏡においても、共振周波数の高いカン

チレバは最小検出力が小さくなり、力検出感度が向上する。

【0008】本発明の目的は、上記従来技術が有する技術的課題を解決し、高精度な膜厚制御法を有し、かつカンチレバと支持台との合わせ誤差が1 μ m以下の高精度合わせ機能をもつことができるカンチレバ構造を持ち、高共振周波数及び低バネ定数をもつ微小カンチレバを提供すると共に、これを用いた微小力利用装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、半導体リソグラフィ技術が全工程で使用でき、厚さ制御ができる方式を採用することにより、カンチレバとカンチレバ支持台とが同一面に自動的に形成できる構造とした。

【0010】

【発明の実施の形態】図1(a)に本発明の提案するカンチレバの斜視図を、(b)に同断面図を示す。1はカンチレバであり、その先端部には探針1'が形成されている。2はカンチレバ支持台である。カンチレバ1と探針1'とを、従来技術と同様に、半導体リソグラフィ技術によって一体的に形成するとともに、カンチレバ1の基部を保持するカンチレバ支持台2をも半導体リソグラフィ技術によって一体化されたものとなっている。

【0011】本発明では、半導体リソグラフィ技術を用いる基板部をそのままカンチレバ支持台として利用できるようにすることで、カンチレバ1とカンチレバ支持台2とは精密に位置あわせすることが可能である。もちろんカンチレバの厚さは蒸着等の手段で精度良く形成できるのはもちろん、探針1'もカンチレバの形成過程で

【0012】実施例1

図3はSOI(シリコン・オン・インシュレータ)ウェハを用いたプロセスの流れを示す。(a)に示すようにSOIウェハを用意する。SOIウェハは、よく知られているように、シリコン基板6、基板6上に形成された酸化シリコン膜5および酸化シリコン膜上に形成されたシリコン活性層4よりなる3層構造である。まず、図3(b)のように、シリコン活性層4をKOHエッチング液を用いて異方性エッチングしてカンチレバ支持台となるべき活性層7の部分形成する。次に、図3(c)のように、シリコン酸化膜5をフッ酸によりエッチングして四角の貫通窓8を形成する。図3(d)のように、この酸化膜をマスクとしてKOHエッチング液を用いて異方性エッチングによりシリコン基板6に四角錐9を形成する。次に、これに図3(e)のように、カンチレバ材10(たとえば、窒化シリコン)を低圧化学気相堆積法(LP-CVD)によって蒸着してカンチレバ膜を作り、この膜の上にホトリソグラフィ技術(ここではステ

ップバを使用)でカンチレバ1のためのホトレジストパターンを形成する。このレジストパターンをマスクにして、反応性イオンエッチングによりカンチレバ1を形成する。最後に、図3(f)のようにシリコン基板6部分とシリコン酸化膜5をエッチングにより除去して、カンチレバを作製する。

【0013】このようにすることにより、探針1'付きで、長さ<10 μ m、厚さ<0.1 μ mの微小カンチレバが信頼性良く形成できる。

10 【0014】尚、探針1'の尖鋭化は、従来技術である低温酸化及び酸化膜エッチングにより行うことができる。また、カンチレバ材10にはプラズマCVD法で形成した窒化シリコン、シリコン酸化膜、ポリシリコン、あるいは金属膜等を用いることができる。このカンチレバ使用時には、片面あるいは両面に金あるいは白金などを蒸着して使用する。

【0015】本実施例において、探針を形成するための4角錐の鑄型を低温酸化及びエッチングにより尖鋭化することが有効である。また、カンチレバ及び探針を多層膜で形成するのも良い。

【0016】実施例2

図4は、SOIウェハの代わりにシリコンウェハ30を用いたプロセス例である。基本的には、同じ工程である。

【0017】まず、図4(a)に示すようにシリコンウェハ30を用意する。図4(b)のように、シリコンウェハ30をKOHエッチング液を用いて異方性エッチングしてカンチレバ支持台となるべき構造の部分7'(破線より上の部分)を形成する。ただし、この実施例では、シリコン酸化膜5がないため、エッチングの停止時に注意を払う必要がある。また、後段のステップの説明から自ずと明らかになるように、このカンチレバ支持台となるべき構造の部分7'を形成するためのエッチングの深さは、この部分7'(破線より上の部分)の厚さより酸化膜11の厚さだけ厚くすることが必要である。次に、図4(c)のように、酸化膜11を形成した後、このシリコン酸化膜11をフッ酸によりエッチングして四角の貫通窓8を形成する。図4(d)のように、この酸化膜11をマスクとしてKOHエッチング液を用いて異方性エッチングによりシリコン基板30に四角錐9を形成する。次に、これに図4(e)のように、カンチレバ材10(たとえば、窒化シリコン)を低圧化学気相堆積法(LP-CVD)によって形成してカンチレバ膜を作り、この膜の上にホトリソグラフィ技術(ここではステップバを使用)でカンチレバ1のためのホトレジストパターンを形成する。このレジストパターンをマスクにして、反応性イオンエッチングによりカンチレバ1を形成する。最後に、図4(f)のようにシリコン基板30部分とシリコン酸化膜11をエッチングにより除去して、

50 カンチレバ支持台となるべき構造の部分7'(破線より

上の部分)と一体的に構成されたカンチレバを作製する。この場合は、図3の実施例と異なり、シリコン基板30部分とシリコン酸化膜11部分とをエッチングすることになるから、エッチング材の選択、エッチング速度等に注意を払い、実質的にカンチレバ1の底面とカンチレバ支持台となるべき構造の部分7'の底面とが一致するようにする必要がある。

【0018】図5は、そのための工夫の一例を説明する図であり、簡略のため、右半分についてのみ示した。

(a)にはSi基板30をエッチングにより除去するステップの結果を示し、(b)にはシリコン酸化膜11をエッチングにより除去するステップの結果を示す。Si基板30をエッチングにより除去するステップでは、カンチレバ1の部分の厚さを光の透過によりモニターして、カンチレバ材10とシリコン酸化膜11のみとなった状況を検出したら、シリコン酸化膜11の厚さ相当だけさらにSi基板30のエッチングによる除去が進むのを待つ。この結果、(a)に示すように、カンチレバ支持台となるべき構造の部分7' (破線より上の部分)のSi基板30とシリコン酸化膜11を残してエッチングがなされる。次いでシリコン酸化膜11のエッチングによる除去に移る。この場合、シリコン酸化膜11の厚さに応じてエッチング時間を制御することにより、(b)に示すように、シリコン酸化膜11のカンチレバ1の部分は除去され、カンチレバ支持台となるべき構造の部分7'と、これでカバーされているシリコン酸化膜11が残される。シリコン酸化膜11のエッチングの際(破線より上の部分)、Si基板30も少しエッチングされるから、これを考慮して(a)の段階のエッチング時間を制御するのが良い。

【0019】厳密に見れば、カンチレバ1の底面と支持台となるべき構造の部分7'とが同一平面とは言えない可能性があるが、実質的には、使用に支障の無い範囲の同一平面が実現できる。

【0020】本実施例においても、探針を形成するための4角錐の鋳型を低温酸化及びエッチングにより尖鋭化することが有効である。また、カンチレバ及び探針を多層膜で形成するのも良い。

【0021】実施例3

図6は、微小カンチレバの応用装置の例として、AFM(原子間力顕微鏡)技術を用いた記録装置の一例を示す概略図である。装置は、AFMヘッド、回転機構系及び制御系から構成されている。AFMヘッドは探針1'及び片持ち針(カンチレバ)1からなるAFM探針27、探針1'に加わる力を検出する光で検出系、記録用圧電素子25、探針27を制御する機構系(XYZスキャナ14)から構成されている。光で検出系は、基本的に、図のようにレーザ源23と光ビーム12の位置検出器24から構成されている。尚、カンチレバの背面(探針1'のついていない面)には金薄膜あるいは白金

を約30nm蒸着してレーザの反射率を高めている。ここでは、粗動機構、探針接近後退機構や、探針シーク機構は省略しているが当然備わっているものである。回転機構系はモータ22、軸受け(省略)、ディスクテーブル(省略)から構成されている。このテーブルの上にディスク26を設置して記録、読み出し、消去を行う。制御系20は光ビーム12の位置検出器24から得られる信号15から探針1'位置情報を得て、位置の制御、記録信号の検出、書き込み信号の発生などを行う。16は探針1'位置情報の取り込み、トラッキング、探針1'位置の3次元制御を行う検出/制御系である。ディスクは案内溝つきの表面構造を持った記録基板26がディスクテーブルの上に設置され、読み出し、書き込み、消去等が行われる。

【0022】案内溝がV溝の場合、カンチレバ27の裏面から反射されたレーザ光12は位置検出器24に入射する。この位置検出器24は2次元の位置センサーや4分割光検出器でよい。ここでは後者の光検出器を示している。V溝が探針1'に捻れるように作用されると、ラテラル力として検出される。光検出器24の4つの光検出器から出てきた出力信号を従来方法で捻れ方向を検出するように演算することによりこの力は検出される。探針1'がV溝の中央から離れる事により正あるいは負方向に出力信号が変化する。この特性を利用して、ラテラル力の変化からV溝の中心部からのずれを検出し、XYZスキャナ14を制御して探針1'をV溝の中心にくるように常に制御する。一方、探針1'が記録ビットの上にくると、探針1'が深く記録基板26の中に入り込み、記録ビットを検出する。この時の探針1'の入り込み量の増分はdzとなる。この量は光検出器24内に設けた回路網で演算されコンタクト信号として検出される。10kHz以下の動きはディスク26の歪みに起因するものでありサーボ回路16でXYZスキャナ14を使用して探針1'のZ方向の制御が行われる。一定の力で探針1'がディスク26にコンタクトしているように制御される。速い変化1MHz以上の変化は信号と判断して情報として制御系内に取り込み、読み出しが行われる。

【0023】このように従来から使用されているカンチレバでは高速な読み出しが不可能であったが、本発明のカンチレバを用いると、10MHz以上の信号を読み出すことができる。また、書き込みは記録基板をポリカーボネイトを使用することにより行うことができる。加圧用圧電素子25を用いて、探針1'の加圧変調により高速にポリカーボネイト基板にビット(凹構造)書き込むことができる。本発明の探針を使用すれば、AFM記録方式で、0.5μm以下のトラックピッチあるいはトラック長を有する超高密度記録ビット列を従来から用いられているボール軸受けあるいは液体軸受けを有する回転機構系を使用しても読み取り誤差無く、高速に読み出すこ

とができる。

【0024】また、本発明の探針をブロープ顕微鏡の原子間力検出にしようすれば原子間力検出感度は従来より、約1桁から2桁向上できる。これにより、現状よりさらに1桁以上の空間分解能が改善される。さらに、試料の物性検出においても1桁以上の高感度計測ができる。本発明の適用範囲は、原子間力顕微鏡、磁気力顕微鏡、容量顕微鏡、近接場光顕微鏡、ケルビンフォース顕微鏡、マクセル顕微鏡、走査熱顕微鏡、ポテンシオメトリ等の原子間力を利用する顕微鏡である。

【0025】実施例4

図7は、微小カンチレバの応用装置の例として、AFM（原子間力顕微鏡）技術を用いた記録装置の他の例を示す概略図、図8はその光学系の説明図である。

【0026】122はディスク駆動用のモータ、102はディスク記録媒体であり、モータ122により、記録媒体102が回転駆動される。1'は探針、1はカンチレバである。これらは不純物元素をドーピングしたSiにより、カンチレバ1の先端部に探針1'が形成され、カンチレバ1はその基部に取り付けられ、基部とともに、一体構造として半導体製造技術により作られる。加圧変調記録を行う場合、ディスク記録媒体102は、当然のことながら、探針1'より柔らかい材料が選ばれる。25は圧電素子であり、その一端にカンチレバ1の基部を保持する。探針1'の先端は、例えば、曲率半径20nm以下に形成される。

【0027】108はパルス電圧源であり、記録媒体102に記録すべき信号150を与えられるとともに、これに応じて圧電素子25に電圧パルス19を印加する。圧電素子25に電圧パルス19が印加されると、探針1'には次式に示す力Fが加えられ、探針1'は記録媒体102側に押し込まれ、この機械的圧力によって記録媒体102には記録すべき信号に応じた凹構造103が形成される。

$$【0028】F=kX$$

ここで、kはカンチレバのバネ定数、Xはカンチレバ1が反った量（変位）である。いま、バネ定数kおよび変位Xを、それぞれ、1N/mおよび1μmとすると探針1'に作用する力Fは10⁻⁶Nとなる。この力の大きさは、記録媒体102の材料にも依るが、記録データとしての塑性変形を起こすには十分な大きさである。

【0029】圧電素子25はZ-微動装置124に保持される。Z-微動装置124はZ-粗動装置126に保持される。Z-粗動装置126は記録媒体102の半径方向駆動装置128に保持される。120は総合制御装置であり、外から記録指示信号W、読み出し指示信号Rおよび記録信号WDを入力され、読み出し信号RDを外に出力する。また、総合制御装置120はモータ122への駆動信号121、半径方向駆動装置128への駆動信号127、Z駆動制御装置130への制御信号129および

記録信号WDに対応した記録媒体102に記録すべき信号150を出力するとともに、カンチレバ回転角検出器50のポジションセンサ49の出力100を入力とするZ駆動制御装置130から得られる読み出し信号を信号線151を介して総合制御装置120へ送り、読み出し信号RDとして外に出力する。制御信号129は、探針101と記録媒体102との相対的な位置関係の初期状態を設定するためのトリガーとして使用されるものである。

10 【0030】モータ122、Z-微動装置124、およびZ-粗動装置126はそれぞれの駆動信号121、123、125および127により駆動される。モータ122および半径方向駆動装置128は図示を省略した記録再生装置本体部分に保持される。したがって、探針1'は駆動信号123、125および127に応じて記録媒体102の表面を移動するとともに、電圧パルス19が印加されたとき記録媒体102の表面に記録すべき信号150に応じた凹構造103を形成する。

20 【0031】なお、本実施例の記録再生装置は、図に示したように記録媒体102を回転させるものに限られるものではなくXY方向に駆動するものであっても良い。

【0032】次に、カンチレバ回転角検出器50について説明する。回転角検出器50は記録された情報を読み出すための働きをするとともに、探針1'の初期状態を設定するためにも利用される。

30 【0033】41は半導体レーザ、42はコリメータレンズである。半導体レーザ41のレーザ光放射面は、コリメータレンズ42の焦点位置におかれている。よって、半導体レーザ41から放射されたレーザ光は、コリメータレンズ42によって平行光に変換される。この平行光の光束をビームスプリッタ45を通過させ、対物レンズ46で集光させてカンチレバ1'の先端部に焦点を結ばせる。カンチレバ1'の先端部の表面上で反射された光は対物レンズ46で平行光に変換される。反射面が対物レンズ46の光軸に対して鉛直であれば、反射光の光束は、カンチレバ1への入射光路をそのまま引き返し、ビームスプリッタ45に達する。反射光はビームスプリッタ45で光路を90°曲折されてポジションセンサ49に達する。反射面が対物レンズ46の光軸に対して鉛直から予定の微小範囲内で回転している場合は、反射光の光束は、カンチレバ1への入射光路から幾分ずれるが、ビームスプリッタ45の有効範囲内を引き返し、ビームスプリッタ45で光路を90°曲折されてポジションセンサ49に達する。このカンチレバ回転角検出器50は、モータ122および半径方向駆動装置128と同様に、図示を省略した記録再生装置本体部分に保持される。

50 【0034】ここで、探針1'初期設定について簡単に説明する。本実施例では、回転角検出器50はカンチレバ1が自由状態にあるときはポジションセンサ49から

の出力が無い、換言すれば、カンチレバ1からの反射光はポジションセンサ49のフォトダイオード上に無い状態になるものとされる。この状態で、記録指示信号Wあるいは読み出し指示信号Rが総合制御装置120に与えられると、総合制御装置120からZ駆動制御装置130への制御信号129が出力される。Z駆動制御装置130は、これを受けるとZ粗動装置126に駆動信号125を与える。これにより、カンチレバ1は記録媒体102の表面に接近して行き、表面から力を受けて回転を始める。その結果、カンチレバ1からの反射光SPがポジションセンサ49の検出面(フォトダイオード)上に表われるようになる。したがって、Z駆動制御装置130は制御信号129を受けた後、ポジションセンサ49の出力が所定の状態に変化した段階で粗動操作を停止すれば、探針1'の初期設定は完了する。

【0035】次に、記録動作について説明する。記録指示信号Wに応じて、上述したようにして初期化が完了すると、例えば、信号線151を介して初期化完了が総合制御装置120に送られる。これを受けて、総合制御装置120は入力された記録信号WDに応じて記録すべき信号150をパルス電圧源108に送るとともに、モータ122への駆動信号121を送る。これによって、記録媒体102には凹構造103が形成されて記録信号WDに応じた記録がなされる。この場合、凹構造103が形成されるとともにカンチレバ1が回転するが、これをポジションセンサ49の出力によって検出してZ-微動装置124およびZ-粗動装置126により、カンチレバ1を追従させるものとすれば、探針1'に作用する力を一定に保持することができる。

【0036】次に、読み出し動作について説明する。読み出し指示信号Rに応じて、上述したようにして初期化が完了すると、例えば、信号線151を介して初期化完了が総合制御装置120に送られる。これを受けて、総合制御装置120はモータ122への駆動信号121を送るとともに半径方向駆動装置128に駆動信号127を与える。これによって、記録媒体102の記録トラックに沿って探針1'を移動させることができる。もちろんトラッキング自体は重要な技術であるが、すでに種々の技術が提案されており、これらの内の適当なものを選択して採用することができる。例えば、本願の発明者らの提案した米国特許5,808,977も光でこの方式を利用するトラッキング方法を提案するものであるから効果的に利用できる。記録媒体102の回転に応じて探針1'が凹構造103の位置に来る時とそうでない時がある。本実施例では、初期化は凹構造103の位置でない状態を前提になされているから、探針1'が凹構造103の位置に来ると、ポジションセンサ49の受けるカンチレバ1の反射光は急激に変化する。これを検出すれば凹構造103があることが検知できるから、この変化を読み出し信号として信号線151を通して総合制御装置

120に送れば、読み出し信号RDを得ることができる。この場合も、記録時と同様、カンチレバ1の回転を検出してZ-微動装置124およびZ-粗動装置126により、カンチレバ1を追従させるものとすれば、探針1'に作用する力を一定に保持することができる。

【0037】このカンチレバをAFM記録に用いれば、1Tbit(10¹²bit)/in²の超高密度記録も可能と共に、読み出し速度も10Mb/s以上と高速化が実現できる。

【0038】次に、カンチレバ回転角検出器50を光学系を中心に、図8を用いて、より詳細に説明する。

【0039】半導体レーザ41のレーザ光放射面は、コリメータレンズ42の焦点位置におかれている。よって、半導体レーザ41から放射されたレーザ光は、コリメータレンズによって平行光に変換される。この平行光の光束は、偏光ビームスプリッタ45に入射する。半導体レーザから放射されるレーザ光は、一般に直線偏光である。今、図8の半導体レーザから放射されるレーザ光の偏波面が紙面に平行な方向を向いているとする。そして、偏光ビームスプリッタ45は、図8のようにレーザ光を入射させた際にはほぼ全てのレーザ光をカンチレバ1の方向へ反射するように調整してある。偏光ビームスプリッタ45で反射された光束は、1/4波長板44で円偏光に変換された後、対物レンズ46で集光されてカンチレバ1の表面上に焦点を結ぶ。カンチレバ1表面上で反射された光は、今度は対物レンズ46で平行光に変換される。被測定物の反射面が対物レンズの光軸に対して鉛直であれば、反射光の光束は、カンチレバ1への入射光路をそのまま引き返し、偏光ビームスプリッタ45に達する。ただし、この時、途中1/4波長板44を通過するので、また、入射光と反対方向に回転する円偏光であるから1/4波長板44を通過した反射光は、紙面と直交する偏波面を有する直線偏光になっている。偏光ビームスプリッタ45に入射した反射光は偏光ビームスプリッタ45をほぼ全て透過し、ポジションセンサ49に達する。そして、このポジションセンサ49に達した反射光の光束の位置変化は、例えば、2分割あるいは4分割フォトダイオード上に出来る光スポットの位置変化として検出される。

【0040】ここで、カンチレバ1が図8に示すように紙面内で角度 θ だけ回転したとする。尚、対物レンズ46とカンチレバ1間の距離変化は無視できる程度であるとする。この場合、カンチレバ1表面で反射された光束の中心は、ポジションセンサ49は図8に示すように入射光の光束中心に対して 2θ の角度をなす向きに反射される。従って、 θ が十分に小さいものとし、また、対物レンズ46の焦点距離をLとすると、対物レンズ46に達した反射光の光束中心は、入射光の光束中心から $2\theta L$ 偏っている。反射光は、対物レンズ46でこの光束中心の偏りを持った平行光に変換され、偏光ビームスプリ

ッタ45を透過してポジションセンサ49に達する。従って、光束中心の偏りが光スポット径に対して十分に小さければ、この位置に置かれたポジションセンサ49の出力は、変位角 θ に比例して変化する。

【0041】その他の実施例

さらに、本発明のカンチレバは、微細加工に応用することができる。例えば、AFMリソグラフィとして用いることができる。この場合、探針1'及びカンチレバ1は導電性膜にするか、あるいは導電性膜を蒸着する必要がある。そのほか、力を用いた加工、インデンテーションに10 応用することもできる。また、AFM等の原子間力を利用する顕微鏡においても高感度の力検出が実現できる。

【0042】なお、カンチレバ1の素材は、実施例のシリコン窒化膜にかぎられることはなく、たとえば、シリコン酸化膜で形成されるものとしても良い。

【0043】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、2 N/m以下の低バネ定数で1 MHz以上の高共振周波数をもつ微小カンチレバを、高精度でかつ容易に形成する10 ことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)、(b)は本発明に係わるカンチレバの基本的構成を示す斜視図、断面図。

【図2】従来技術で陽極接合を用いたカンチレバの構成を示す斜視図。

【図3】本発明に係わるカンチレバを製作するためのS*

* OIウェハを用いたプロセスフローを示す図。

【図4】本発明に係わるカンチレバを製作するためのシリコンウェハを用いたプロセスフローを示す図。

【図5】シリコン基板部分とシリコン酸化膜部分とをエッチングすることになるプロセスフローを説明する図。

【図6】本発明に係わるカンチレバ応用装置の例として、AFMを利用した超高密度記録装置の実施例を示す概略図。

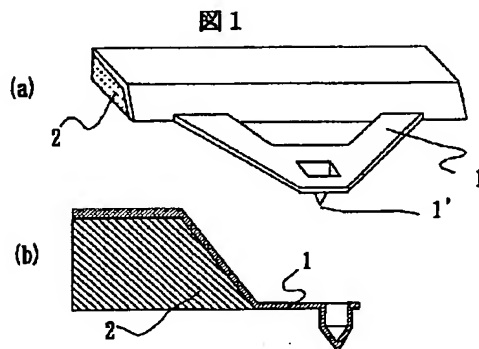
【図7】本発明に係わる微小カンチレバの応用装置の例として、AFMを利用した超高密度記録装置の他の実施例を示す概略図。

【図8】図7の光学系の説明図。

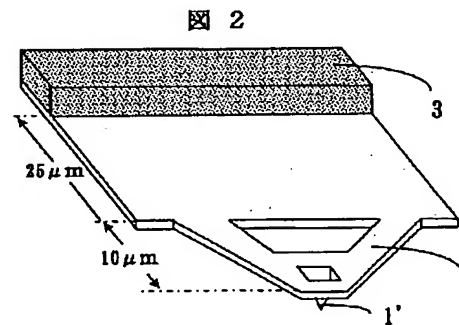
【符号の説明】

1…カンチレバ、1'…探針、2…カンチレバ支持台、3…ガラス支持台、4…シリコン活性層、5…絶縁物（酸化シリコン）、6…シリコン基板、7…支持台、8…四角の窓、9…四角錐の穴、10…カンチレバ膜（窒化シリコン）、11…酸化シリコン、12…光ビーム、14…XYZスキャナ、15…光検出器から出力信号、16…検出/制御系（サーボ回路）、17…Z方向探針位置制御信号、18…XY方向探針位置制御信号、19…書き込み信号、20…記録装置制御系、21…回転機構制御信号、22…モータ、23…レーザ源、24…位置検出器（ポジションセンサ）、25…書き込み用（加圧変調）圧電素子、26…記録気ディスク（ポリカーボネイト）、27…本発明の微小カンチレバ、30…半導体基板（シリコン基板）。

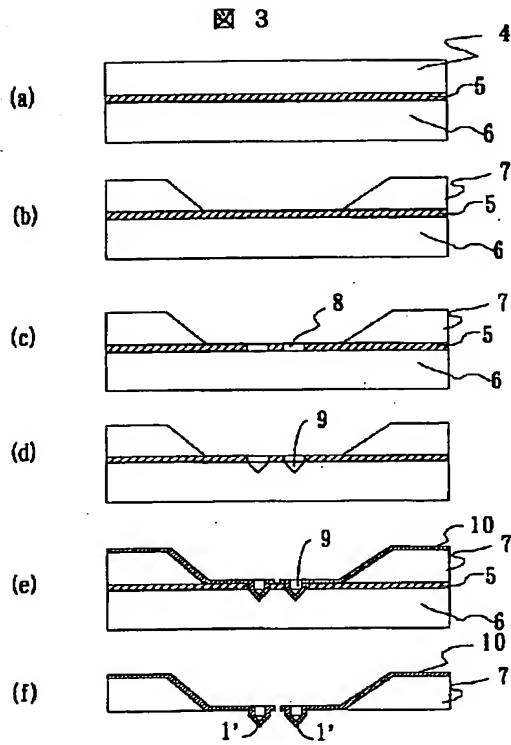
【図1】



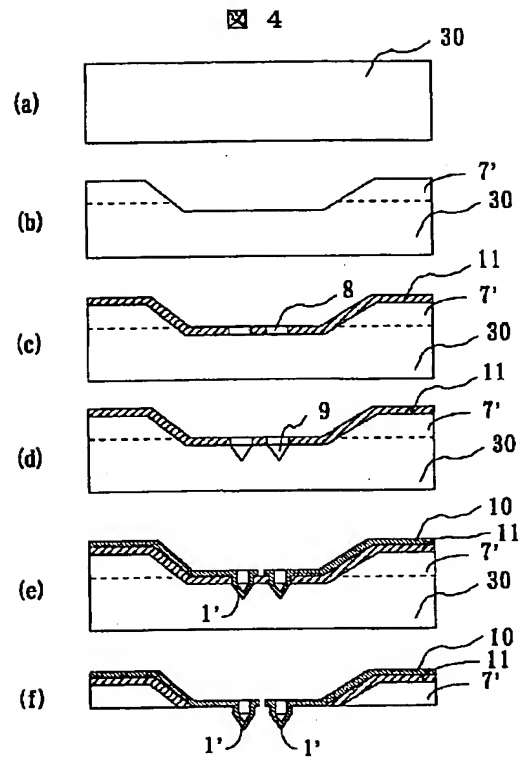
【図2】



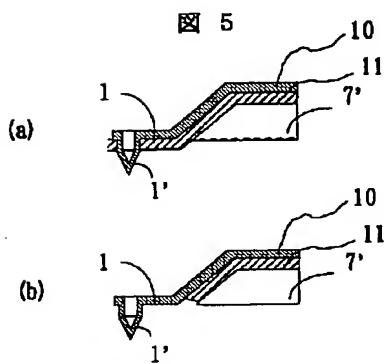
【図3】



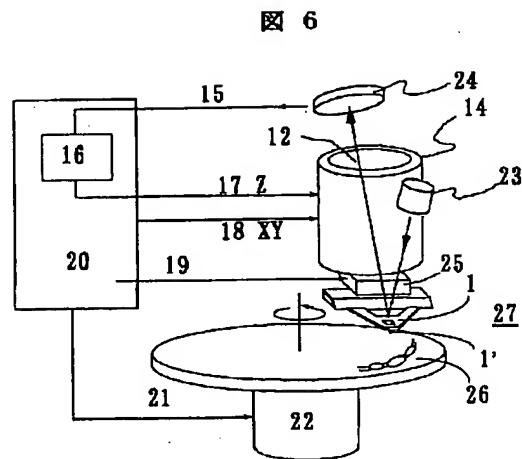
【図4】



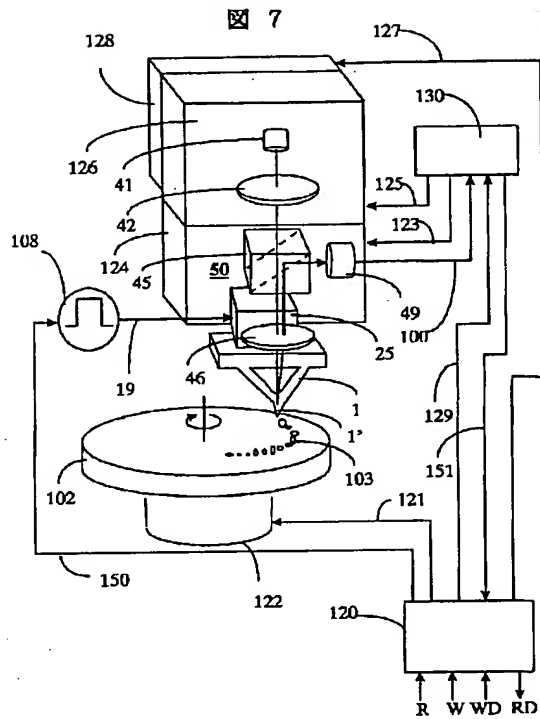
【図5】



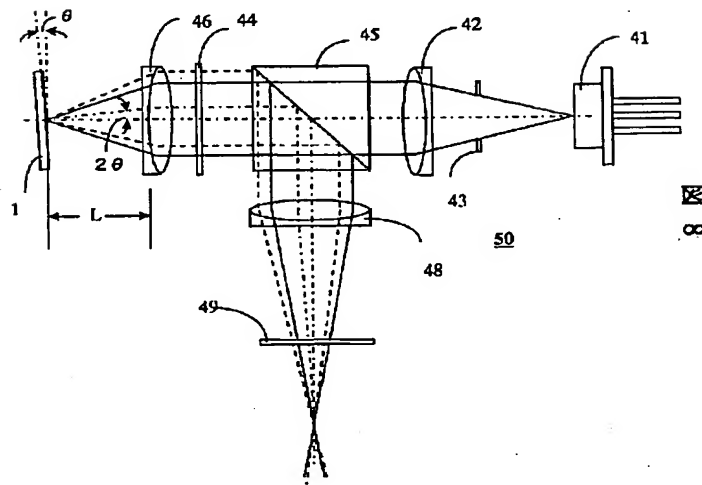
【図6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(72)発明者 菊川 敦
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内

(72)発明者 江藤 公俊
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内

(72)発明者 小柳 肇
埼玉県比企郡鳩山町赤沼2520番地 株式会
社日立製作所基礎研究所内

(72)発明者 小野里 陽正
東京都千代田区大手町二丁目6番2号(日
本ビル) 日立建機株式会社内

(72)発明者 村山 健
東京都千代田区大手町二丁目6番2号(日
本ビル) 日立建機株式会社内

Fターム(参考) 2F063 AA43 CA12 DA01 DD02 EA16
EB05 EB15 EB23 JA04
2F069 AA60 DD15 GG04 GG06 GG07
HH04 HH30 MM04 RR03
5D119 AA11 AA22 BA01 BB02 CA20
DA01 DA05 EC24 FA05 KA01